

PEMANFAATAN *COPPER SLAG* SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN BETON MUTU K-225

Muhammad Kadhafi

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan
email : dhavi_aja@yahoo.co.id

ABSTRAK

Concrete is a construction material that is widely used in building structures work in Indonesia because of the many benefits provided such as its constituent materials are easy to obtain, easy to set up, able to carry a heavy burden, resistant to high temperatures, and small maintenance cost. Various research efforts have been made in order to make progress in concrete technology due to the limited availability of material using other similar materials that reduce the use of cement. Efforts are made to the terms of the utilization of copper slag from P.T. Smelting Gresik. Steps being taken in this research is the study of literature, material preparation and testing materials at the Concrete and Materials Laboratory, Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Sriwijaya. Then proceed with the manufacture of cylindrical specimen measures 15cm x 30cm with a variety of copper slag reimbursement by 0%, 10 %, 15%, 20% and 30% of the partial cement that is was used to planning the compressive strength of f_c' 18,675, and then testing concrete compressive strength. From the analysis it can be concluded that The results showed that copper slag as a cementitious can have a positive impact on the quality of concrete , namely the variation of 15 % copper slag increased optimum compressive strength (20,06 %) compared to concrete without using a variation of copper slag.

Key Words : Copper Slag, Compressive Strength,

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Semakin meluasnya penggunaan beton dan makin meningkatnya skala pembangunan menunjukkan juga semakin banyak kebutuhan beton di masa yang akan datang, sehingga mempengaruhi perkembangan teknologi beton. Pemakaian beton sebagai bahan bangunan sangat populer karena bisa memanfaatkan bahan lokal yang mudah diperoleh seperti pasir, batu pecah, semen dan air, yang mana mudah dibentuk sesuai kebutuhan, tidak membutuhkan biaya yang terlalu mahal untuk perawatannya, memiliki kuat tekan yang tinggi, memiliki ketahanan terhadap air, api dan cuaca sehingga menyebabkan beton banyak dipakai untuk struktur besar maupun kecil dan perawatannya juga murah (Wahyu, 2010).

Atas pemikiran dasar tersebut, banyak orang mencoba meningkatkan kekuatan beton dari sisi material dengan mensubstitusikan bahan-bahan pengganti, baik itu pada agregat kasar maupun agregat halus, sebagai pengganti bahan pengikat dan ada pula sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan daya rekat dari bahan pengikat dalam beton yang memanfaatkan limbah-limbah industri untuk digunakan dalam campuran beton.

Dengan memanfaatkan limbah-limbah industri, salah satunya adalah *copper slag*, yaitu limbah industri peleburan tembaga yang sifat fisiknya hampir sama dengan pasir alami yang akan dicoba sebagai pengganti sebagian semen (*cementitious*) untuk melihat apakah dapat memberikan dampak yang positif pada kuat tekan beton.

1.2. Perumusan Masalah

Berkaitan dengan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, penulis merumuskan hal-hal yang akan diteliti. Adapun rumusan masalah yang akan diteliti, antara lain :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan terak tembaga (*copper slag*) dengan persentase tertentu sebagai pengganti semen terhadap kuat tekan beton yang direncanakan ?
2. Bagaimana pengaruh antara kuat tekan beton yang direncanakan dengan kadar persentase terak tembaga (*copper slag*) yang bervariasi terhadap total semen yang dianjurkan ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menerapkan peraturan SNI dalam melakukan *Job Mix Formula* dan pengujian nilai kuat tekan beton

masing-masing yang didapat dengan dari campuran semen dan terak tembaga (*copper slag*) dengan persentase 0%, 10%, 15%, 20%, dan 30%.

2. Membandingkan nilai kuat tekan beton masing-masing persentase yang didapat menggunakan terak tembaga (*copper slag*) sebagai *substitusi* semen dengan beton normal.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton adalah agregat halus (pasir) yang berasal dari Talang Balai, *copper slag* berasal dari pabrik P.T Smelting Gresik sebagai *substitusi* sebagian semen, semen yang digunakan adalah Semen Baturaja dan air yang digunakan berasal dari sistem jaringan air bersih di Universitas Sriwijaya. Untuk pembuatan sampel / benda uji pada setiap zona dibagi menjadi 3 sampel untuk masing – masing persentase yaitu 10%, 15%, 20%, 30%, pada umur 7, 21 dan 28 hari dengan f_c' 18.675 MPa. Perhitungan desain campuran (*Mix Design*) berdasarkan metode SK SNI.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Tentang Beton

Beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air tanpa tambahan zat aditif (Istimawan, 1999). Tetapi belakangan ini definisi dari beton sudah semakin luas, yaitu beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, *copper slag*, terak dapur tinggi, sulfur, serat dan lain-lain (Neville dan Brooks, 1987).

Dalam perencanaan beton sering dikenal istilah beton konvensional, yaitu beton dengan penggunaan material, teknologi dan peralatan yang masih sederhana. Nilai kuat tekan beton dapat diketahui dari hasil pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder berdiameter 30 cm dan tinggi 15 cm yang dibebani dengan gaya tekan dan besar tertentu secara bertahap hingga benda uji tersebut hancur (SK SNI M-10-1991-03).

2.2. Copper Slag

Copper slag adalah hasil limbah industri peleburan tembaga, berbentuk pipih dan runcing (tajam) dan sebagian besar mengandung oksida besi dan silikat serta mempunyai sifat kimia yang stabil dan sifat fisik yang sama dengan pasir. Oleh karena itu, *copper slag* lebih banyak digunakan sebagai pengganti agregat halus. Namun, *copper slag* juga bias dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian semen (*cementitious*) tetapi materialnya harus

dihaluskan hampir seperti semen agar didapatkan hasil yang optimum.

Komponen	Prosentase
SiO ₂	30 -36
Al ₂ O ₃	3 – 6
CaO	2 – 7
FeO	45 - 55

Didalam proses hidrasi semen selain menghasilkan senyawa CSH (Calsium Silikat Hidrat), CAH (Calsium Alumina Hidrat) dan CAF (Calsium Aluminoforit) yang bersifat sebagai bahan perekat juga menghasilkan kapur yang bersifat basa. Dengan adanya FeO dan SiO₂ yang cukup tinggi pada *copper slag* maka kapur yang timbul akan bereaksi membentuk CSH, CAH dan CFH yang mempunyai sifat sebagai bahan perekat, semakin banyak jumlah perekat maka semakin tinggi kuat tekan beton. Reaksi semen dengan air (C₃S + H₂O) menghasilkan CSH + Ca(OH)₂ dan apabila ditambahkan *copper slag* akan bereaksi dengan kapur sisa reaksi antara semen dengan air (SiO₂ + Ca(OH)₂) sehingga menghasilkan CSH baru

2.3. Perencanaan Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari suatu struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang diinginkan maka semakin tinggi pula mutu beton yang harus dihasilkan. Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Untuk memperoleh nilai kuat tekan beton (f_c') dapat menggunakan rumus 2.1 dibawah ini :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots \text{(pers.2.1)}$$

Dimana: f_c' = Kuat Tekan benda uji (MPa)
P = Beban maksimum (N)
A = Luas Penampang (mm²)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Uraian Umum

Dalam penelitian ini, *Copper Slag* yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase masing-masing sebesar 0%, 10%, 15%, 20%, dan 30% dari berat semen. Benda uji beton akan dicetak menggunakan cetakan siliner, dengan tinggi 30 cm dan berdiameter 15 cm. Setelah itu beton akan dilakukan perawatan (*curing*) dengan merendamkan benda uji beton ke dalam air biasa selama 7, 21, 28 hari. Setelah itu dilakukan pengujian terhadap kuat tekan beton. Data-data yang didapat dari hasil pengujian diolah dan dianalisa untuk ditarik kesimpulan dari hasil pengujian tersebut.

3.2. Material Beton

3.2.1. Semen

Semen merupakan campuran dari kapur (CaCO_3) dan tanah liat dalam perbandingan tertentu, yang dipijarkan hingga lembur dan berubah menjadi suatu massa seperti batu. Semen merupakan bahan yang paling dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai pengikat untuk agregat-agregat menjadi satu kesatuan yang solid melalui proses kimiawi yaitu pengerasan karena reaksi bahan pembentuk semen dengan air atau uap air.

3.2.2. Agregat

a. Agregat Halus

Agregat halus atau yang biasa disebut pasir adalah mineral yang berupa butiran halus seperti kristal-kristal yang memiliki ukuran butir tidak lebih dari 0,075 – 5,0mm atau yang lolos di saringan no. 40. Agregat halus atau pasir dapat diperoleh dari alam yang berasal dari sungai dan pasir buatan yang berasal dari *stone crusher*, pecahan beton, dan pecahan abu terak. Pada penelitian ini pasir yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Tanjung Raja Desa Talang Balai.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau dari batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu yang mempunyai ukuran butir antara 5mm - 40mm.

3.2.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Air yang digunakan untuk membuat beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, zat organik atau bahan-bahan lain yang bersifat merusak beton dan baja tulangan.

4. Analisa Data dan Pembahasan

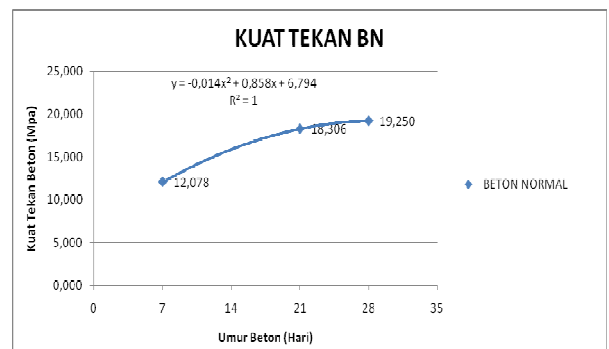
4.1 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian tekan pada masing-masing benda uji pada umur 7, 21 dan 28 hari untuk berbagai variasi yang sudah ditentukan, maka hasilnya dapat dibuat grafiknya sebagai berikut :

Table 1. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Substitusi *Copper Slag* 0%

Kode Sampel	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata- Rata Kuat Tekan (MPa)
7CS 0%-1	200	11,323	12,078
7CS 0%-2	225	12,739	
7CS 0%-3	215	12,173	
21CS 0%-1	320	18,117	18,306
21CS 0%-2	330	18,684	
21CS 0%-3	320	18,117	
28CS 0%-1	350	19,815	19,249
28CS 0%-2	330	18,684	
28CS 0%-3	340	19,249	

Dari tabel 1 dibawah dapat dilihat hasil uji kuat tekan beton dengan campuran terak tembaga (*copper slag*) sebesar 0% pada umur 7, 21 dan 28 hari. Perbandingannya diatas terlihat dalam bentuk grafik pada gambar 1 yaitu:



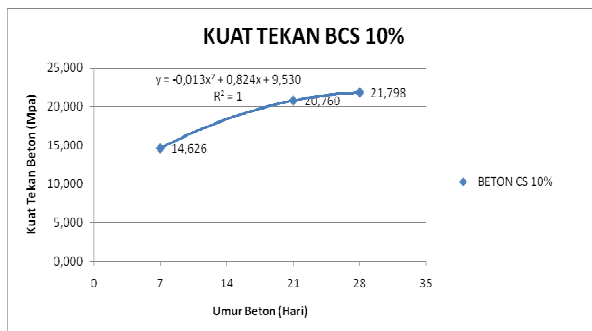
Gambar 1. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Persentase Campuran *Copper Slag* 0%

Dari tabel 1 dan gambar 1 terlihat perubahan kuat tekan yang terjadi pada setiap umur beton. Pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 12,078 Mpa dan pada umur beton 21 hari kuat tekan beton sebesar 18,306 Mpa sedangkan pada umur 28 hari sebesar 19,249 Mpa.

Table 2. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Substitusi *Copper Slag* 10%

Kode Sampel	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata- Rata Kuat Tekan (MPa)
7CS 10%-1	255	14,438	14,626
7CS 10%-2	270	15,287	
7CS 10%-3	250	14,154	
21CS 10%-1	360	20,382	20,759
21CS 10%-2	370	20,948	
21CS 10%-3	360	20,948	
28CS 10%-1	380	21,515	21,798
28CS 10%-2	395	22,364	
28CS 10%-3	380	21,515	

Dari tabel 2 diatas dapat dilihat hasil uji kuat tekan beton dengan campuran terak tembaga (*copper slag*) sebesar 10% pada umur 7, 21 dan 28 hari. Perbandingannya diatas terlihat dalam bentuk grafik pada gambar 2 yaitu:



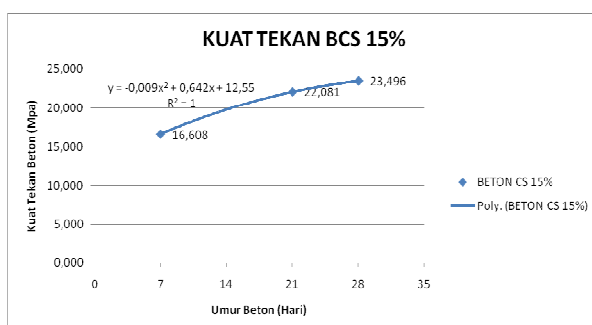
Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Persentase Campuran *Copper Slag* 10%

Dari gambar 2 terlihat perubahan kuat tekan yang terjadi pada setiap umur beton. Pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 14,626 Mpa dan pada umur beton 21 hari kuat tekan beton sebesar 20,759 Mpa sedangkan pada umur 28 hari tidak berbeda jauh dengan kuat tekan umur 21 hari yaitu sebesar 21,798 Mpa.

Table 3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Substitusi *Copper Slag* 15%

Kode Sampel	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata- Rata Kuat Tekan (MPa)
7CS 15%-1	300	16,985	16,608
7CS 15%-2	280	15,853	
7CS 15%-3	300	16,985	
21CS 15%-1	400	22,647	22,081
21CS 15%-2	390	22,081	
21CS 15%-3	380	21,515	
28CS 15%-1	410	23,213	23,496
28CS 15%-2	420	23,779	
28CS 15%-3	415	23,496	

Dari tabel 3 diatas dapat dilihat hasil uji kuat tekan beton dengan campuran terak tembaga (*copper slag*) sebesar 15% pada umur 7, 21 dan 28 hari. Perbandingannya diatas terlihat dalam bentuk grafik pada gambar 3 yaitu:



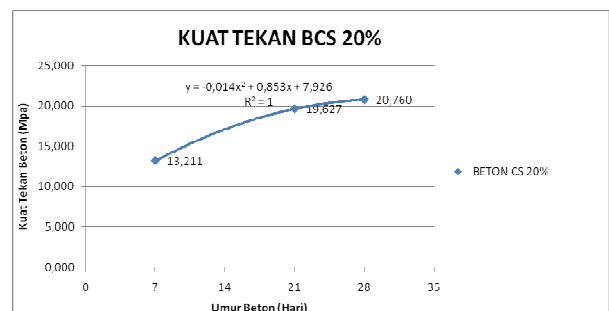
Gambar 3 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Persentase Campuran *Copper Slag* 15%

Dari gambar 3. terlihat perubahan kuat tekan yang terjadi pada setiap umur beton. Pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 16,608 Mpa dan pada umur beton 21 hari kuat tekan beton sebesar 22,081 Mpa, sedangkan pada umur 28 hari tidak berbeda jauh dengan kuat tekan umur 21 hari yaitu sebesar 23,496 Mpa.

Table 4. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Substitusi *Copper Slag* 20%

Kode Sampel	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata- Rata Kuat Tekan (MPa)
7CS 20%-1	240	13588	13,211
7CS 20%-2	220	12.458	
7CS 20%-3	240	13.588	
21CS 20%-1	340	19,249	19,626
21CS 20%-2	360	20,382	
21CS 20%-3	340	19,249	
28CS 20%-1	370	20,948	20,76
28CS 20%-2	360	20,382	
28CS 20%-3	370	20,948	

Dari tabel 4 diatas dapat dilihat hasil uji kuat tekan beton dengan campuran terak tembaga (*copper slag*) sebesar 20% pada umur 7, 21 dan 28 hari. Perbandingannya diatas terlihat dalam bentuk grafik pada gambar 4 yaitu:



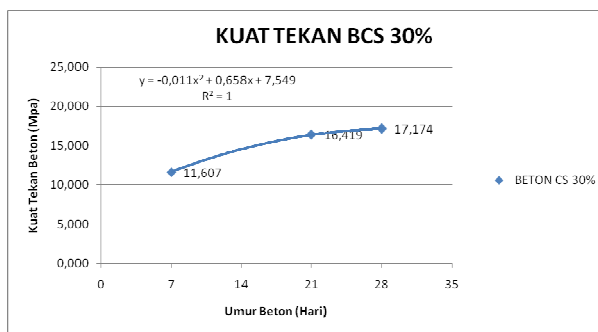
Gambar 4. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Persentase Campuran *Copper Slag* 20%

Dari gambar 4. terlihat perubahan kuat tekan yang terjadi pada setiap umur beton. Pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 13,211 Mpa dan pada umur beton 21 hari kuat tekan beton sebesar 19,626 Mpa, sedangkan pada umur 28 hari tidak beda jauh dengan kuat tekan umur 21 hari yaitu sebesar 20,760 Mpa

Table 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Substitusi *Copper Slag* 30%

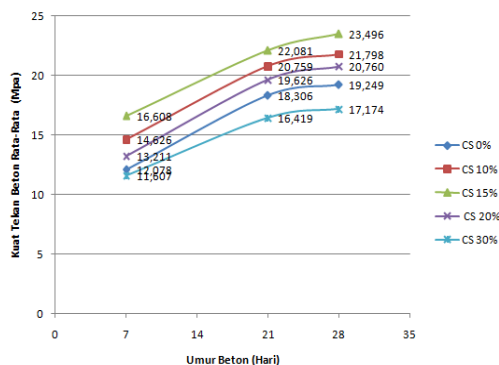
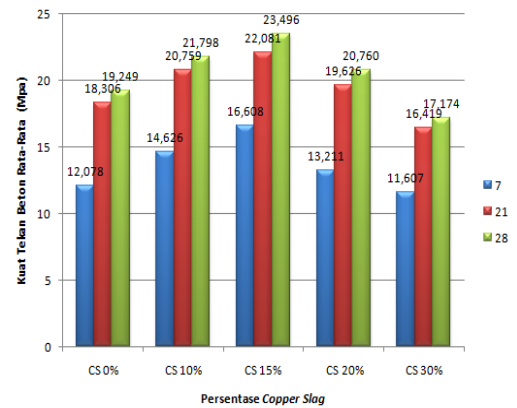
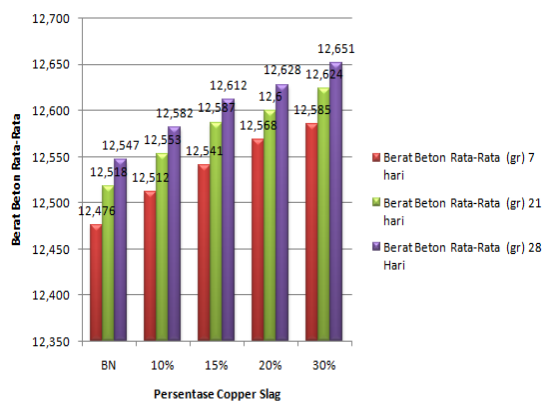
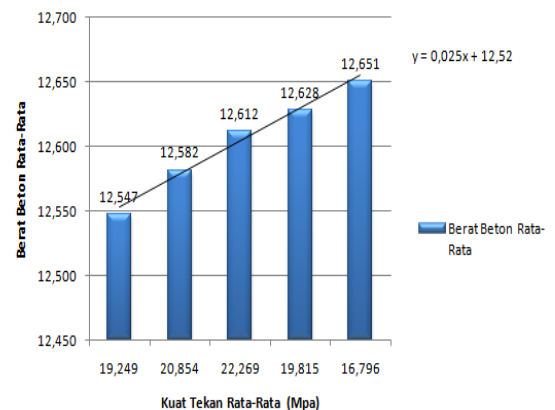
Kode Sampel	Beban (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)
7CS 30%-1	200	11,323	11,607
7CS 30%-2	205	11,607	
7CS 30%-3	210	11,889	
21CS 30%-1	290	16,419	16,419
21CS 30%-2	280	15,853	
21CS 30%-3	300	16,985	
28CS 30%-1	300	16,985	17,174
28CS 30%-2	300	16,985	
28CS 30%-3	310	17,551	

Dari tabel 5 diatas dapat dilihat hasil uji kuat tekan beton dengan campuran terak tembaga (*copper slag*) sebesar 15% pada umur 7, 21 dan 28 hari. Perbandingannya diatas terlihat dalam bentuk grafik pada gambar 5 yaitu:

Gambar 5. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Persentase Campuran *Copper Slag* 30%

Dari gambar 5 terlihat perubahan kuat tekan yang terjadi pada setiap umur beton. Pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 11,607 Mpa dan pada umur beton 21 hari kuat tekan beton sebesar 16,419 Mpa, sedangkan pada umur 28 hari tidak berbeda jauh dengan kuat tekan umur 21 hari yaitu sebesar 17,174 Mpa.

4.2. Hasil dan Pembahasan

Gambar 6. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Umur Beton 7, 21 dan 28 hari pada Variasi Persentase Campuran *Copper Slag*Gambar 7. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Persentase Campuran *Copper Slag* pada Umur 7, 21 dan 28 hariGambar 8. Diagram Hubungan Berat Beton Rata-Rata Terhadap Persentase *Copper Slag*

Gambar 9. Diagram Hubungan Berat Beton Rata-Rata Umur 28 Hari dengan Kuat Tekan Beton

Dari gambar 4.10 terlihat perubahan kuat tekan yang terjadi pada setiap umur beton. Pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 11,607 Mpa dan pada umur beton 21 hari kuat tekan beton sebesar 16,419 Mpa, sedangkan pada umur 28 hari tidak berbeda jauh dengan kuat tekan umur 21 hari yaitu sebesar 17,174 Mpa.

Kuat tekan beton umur 7 hari dengan variasi *copper slag* 10 % dengan kuat tekan beton 14,532 Mpa yang mengalami kenaikan sebesar 21,09 %, terhadap beton normal sedangkan dengan variasi 15% mengalami kenaikan terhadap beton normal sebesar 37,50 % dengan kuat tekan beton sebesar 16,608. Pada dan variasi *copper slag* 20 % dengan kuat tekan beton 13,211 Mpa mengalami kenaikan kuat tekan beton terhadap beton normal sebesar 9,38 % sedangkan pada variasi *copper slag* 30 persen kuat tekan beton mengalami penurunan sebesar 3,91 % terhadap beton normal dengan kuat tekan beton sebesar 11,607 Mpa.

Pada umur 21 hari perbandingan kuat tekan beton normal terhadap kuat tekan beton campuran terak tembaga (*Copper Slag*) tampak bahwa beton campuran terak tembaga (*Copper Slag*) dengan persentase dibawah 30% kuat tekan bertambah dari kuat tekan beton normal. Kuat tekan terbesar terdapat pada percampuran terak tembaga (*Copper Slag*) sebesar 15% yaitu sebesar 22,081 MPa dengan persentase kenaikan berkisar 20,62 % dari beton normal, pada variasi *copper slag* 10% dan 20% dengan persentase kenaikan terhadap beton normal sebesar 13,40% dan 7,22% dengan kuat tekan beton masing-masing 20,759 Mpa dan 19,626 Mpa dan kuat tekan beton terkecil terjadi pada substitusi terak tembaga (*Copper Slag*) 30% dengan penurunan 10,31 % terhadap beton normal dengan kuat tekan sebesar 16.419 Mpa

Pada umur beton 28 hari bahwa kuat tekan beton normal terjadi kenaikan kuat tekan beton terak tembaga (*Copper Slag*) pada presentasi 10%, 15%, 20 % dan 30%. Kuat tekan terbesar terjadi pada campuran terak tembaga (*Copper Slag*) sebesar 15% yaitu mencapai 23,496 MPa kenaikannya berkisar 22,06 % terhadap beton normal. Pada campuran terak tembaga (*Copper Slag*) sebesar 10% kuat tekan beton mencapai 21,798 MPa dan 20% sebesar 20,760 MPa dengan persentase masing-masing kenaikan sebesar 13,24% dan 7,84%. Sedangkan pada beton dengan campuran terak tembaga (*Copper Slag*) sebesar 30% terjadi penurunan kuat tekan terhadap beton normal sebesar 10,78%. Dengan kuat tekan beton sebesar 17,714

Semakin banyak penggunaan *copper slag* diatas 15 % kuat tekan semakin turun, penurunan terbesar dengan variasi *copper slag* 30 % pada umur 28 hari sebesar 13,72 %. Penggunaan *copper slag* yang paling efektif dengan variasi 15 % yang mengalami kenaikan kuat tekan hingga 37,50 % yaitu pada umur 7 hari.

5. KESIMPULAN

1. Kuat tekan beton terak tembaga (*Copper Slag*) pada presentasi 10%, 15%, 20 % dan 30% dengan kuat tekan terbesar terjadi pada campuran terak tembaga (*Copper Slag*) sebesar 15% yaitu mencapai 23,496 MPa kenaikannya

berkisar 22,06 % terhadap beton normal. Pada campuran terak tembaga (*Copper Slag*) sebesar 10% kuat tekan beton mencapai 21,798 MPa dan 20% sebesar 20,760 MPa dengan persentase masing-masing kenaikan sebesar 13,24% dan 7,84%. Sedangkan pada beton dengan campuran terak tembaga (*Copper Slag*) sebesar 30% terjadi penurunan kuat tekan beton terhadap beton normal sebesar 10,78%. Dengan kuat tekan beton sebesar 17,714

2. Pada umur 7, 21 dan 28 hari, beton normal memiliki berat yang lebih kecil dibandingkan dengan beton lainnya yaitu 12.476 gr, 12.518 gr dan 12.547 gr. Sedangkan beton dengan persentase *Copper Slag* 30% memiliki berat terbesar yaitu 12.585 gr, 12.624 gr dan 12.651 gr. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase *Copper Slag* dalam campuran beton maka makin besar pula berat betonnya.
3. Semakin banyak penggunaan *copper slag* diatas 15% kuat tekan semakin turun, Penggunaan *copper slag* yang paling efektif pada umur 28 adalah dengan variasi 15% yang mengalami kenaikan kuat tekan hingga 20,06% terhadap beton normal dan penurunan terbesar adalah dengan variasi *copper slag* 30 % pada umur 28 hari sebesar 10,78% terhadap beton normal.

5.2 Saran

1. Untuk mendapatkan kuat tekan beton yang optimum pada f_c 18,675 Mpa dengan campuran terak tembaga (*Copper Slag*) substitusi semen pada beton, sebaiknya dalam persentase yaitu berkisar 15%.
2. Sebelum digunakan sebagai campuran semen, terak tembaga (*Copper Slag*) haruslah dihaluskan terlebih dahulu menyerupai semen, ini dikarenakan karena semakin halus butiran terak tembaga, maka semakin bagus kontribusinya untuk peningkatan mutu beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariño, Antonio M., dan Barzin Mobasher 1999. Effect of Ground Copper Slag on Strength and Toughness of Cementitious Mixes. ACI Material Journal
- Brindhha, D., dan S. Nagan. 2010. Utilization of Copper Slag as a Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete. International Journal of Earth Sciences and Engineering, India.
- Brindhha, D., dan S. Nagan. 2011. Durability Studies On copper Slag Admixed Concrete. Asian Journal Of Civil Engineering, India.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989. LPMB. Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran

- BetonNormal, SKSNI03-2834-2000,DepertemenPekerjaanUmum, Bandung.
- Dipohusodo, I. 1999. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Mordock,L.J.,danK.M.Brook.,1991.BahandanPraktek beton, Terjemahan Stephany Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T. 2003. Teknologi Beton, Andi Offset, Yogyakarta.
- Nawi, E.G., 1990. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar, Terjemahan Bambang Suryoatmojo, Eresco, Bandung.
- Subakti, A., 1994. Teknologi Beton Dalam Praktek, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Widodo Selamat, Santosa Agus., Pusoko Prapto., 2003. Pemanfaatan Limbah Abu Batu Sebagai Bahan Pengisi Dalam Produksi Self-Compacting Concrete. Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Zuraidah, Safrin. 2009. Peningkatan Kuat Lentur Pada Beton Dengan Penambahan Fiber Polypropylene dan Copper Slag (Terak Tembaga). Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah